

Sistem Informasi *Frequency Utilization* sebagai Infrastruktur Jaringan Komunikasi Nirkabel di Surabaya

Okkie Puspitorini, Nur Adi Siswandari
Politeknik Elektronika Negeri Surabaya
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Kampus ITS, Keputih Sukolilo, Surabaya – 60111
Telp (+62)31-5947280, 5946114, Fax. (+62)31-5946114
Email : okkie@eepis-its.co.id

Abstrak - Spektrum frekuensi merupakan salah satu bagian utama dalam komunikasi nirkabel (*wireless*). Dengan semakin banyak pengguna frekuensi baik legal maupun ilegal mengakibatkan alokasi kanal frekuensi untuk komunikasi nirkabel semakin sedikit. Oleh karena itu diperlukan sebuah sistem informasi *Frequency utilization* untuk mensinkronkan peraturan yang ada dengan kondisi nyata di lapangan.

Riset ini menghasilkan suatu sistem informasi geografis daerah Surabaya yang berisi tentang informasi kepadatan frekuensi 700MHz sampai 3GHz dilengkapi dengan level daya dan informasi pathloss. Perhitungan prediksi pathloss menggunakan metode Okumura-Hatta dan metode Walfisch-ikegami, yang memiliki karakteristik kerja akurat pada daerah urban dan suburban pada range frekuensi 700MHz – 2GHz.

Dari hasil pengukuran level daya di beberapa lokasi di Surabaya, tampak bahwa sinyal yang terpantau paling banyak sampai 11% adalah sinyal dari provider CDMA pada frekuensi 861 – 880 MHz. Pengaruh sudut dan polarisasi tidak signifikan sedangkan untuk ketinggian antenna sangat berpengaruh terhadap penerimaan level daya.

Kata kunci : *pathloss*, Okumura-Hatta, Walfisch-Ikegami, sistem informasi geografis.

I. Latar Belakang

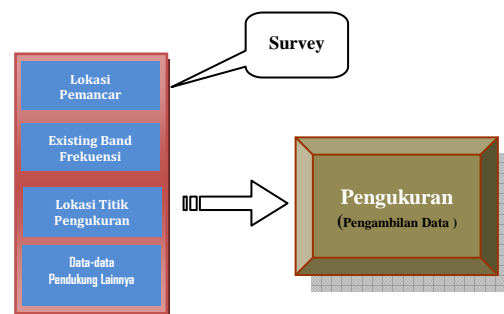
Sistem informasi frekuensi merupakan bagian dari manajemen frekuensi yang sangat diperlukan oleh pengambil kebijakan di setiap daerah untuk membuat peraturan perijinan penggunaan spektrum frekuensi agar tidak keluar dari rencana tata ruang wilayah (RTRW) yang telah ditetapkan. Spektrum frekuensi merupakan sumber daya alam yang sangat terbatas dan langka (*scarce resource*) serta mempunyai dampak ekonomi bagi setiap negara, sehingga spektrum frekuensi harus dikelola secara efektif dan efisien.

Tetapi sampai saat ini pemerintah kota Surabaya belum memiliki manajemen frekuensi yang sesuai dengan kebutuhan, sehingga pemerintah kota masih kesulitan dalam memberikan ijin untuk penempatan

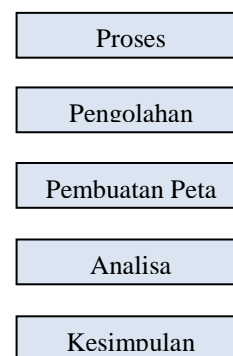
lokasi *Base Transmitter Station* (BTS) yang sesuai dengan tata kota. Untuk itu pada penelitian ini akan dibuat sebuah sistem informasi frekuensi berupa peta elektronik yang dapat memberikan informasi tentang level daya fungsi frekuensi di setiap lokasi yang berada di area peta

II. Metode Penelitian

Untuk mewujudkan sistem informasi tersebut penelitian dititik beratkan pada survey dan pengukuran untuk mendapatkan data, baru kemudian dilanjutkan dengan pembuatan database (gambar 1).



Gambar 1. Diagram blok Pengambilan data



Gambar 2. Diagram blok Pembuatan Peta

2.1 Parameter-Parameter Pengukuran

Parameter yang digunakan untuk pengukuran

- Level daya fungsi Frekuensi

- Level daya fungsi Lokasi
- Level daya fungsi Waktu
- Level daya fungsi Jarak
- Level daya fungsi arah sumber

2.2 Data Hasil Pengukuran

Data pengukuran berupa kuat medan listrik yang dikonversi menjadi level daya dalam rasio desibel (dB). Jumlah data pengukuran yang telah dilakukan mempunyai variasi dari beberapa variabel antara lain :

- Lokasi : 4 lokasi pengukuran (Mesjid Agung, Unair Kampus C, Juanda dan Romo Kalisari) seluruh Surabaya.
- Titik : 6 titik setiap 1 lokasi
- Ketinggian Antena : 3 macam ketinggian (250 Cm, 350 Cm dan 450 Cm) setiap 1 titik pengukuran
- Sudut arah kedatangan sinyal (0° , 60° , 120° , 180° , 240° , 300°) setiap 1 titik pengukuran
- Jenis Polarisasi Antena (Vertical dan Horizontal) setiap 1 titik, 1 sudut dan satu ketinggian antena.

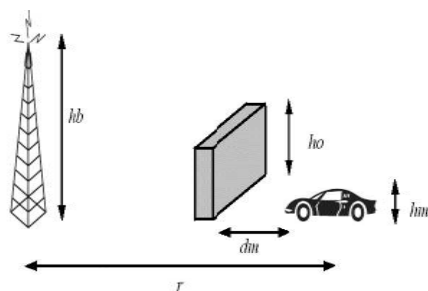
2.3 Model Propagasi

Pemodelan untuk menghitung *pathloss* berdasarkan hasil pengukuran disebut model Empiris. Digunakan dua macam metode path loss empiris, yaitu : model Okumura – Hata dan model Ikegami.

2.3.1 Model Okumura Hata

Model Okumura Hata adalah model pengukuran yang membagi kawasan menjadi kelompok terbuka, sub urban dan urban..

Parameter yang digunakan pada pengukuran model Okumura-Hata seperti Gambar 1.



Gambar 3. Parameter pada Model Okumura-Hata

Parameter yang digunakan :

- h_m = tinggi antena *mobile station*, diukur dari permukaan tanah. (m)
- d_m = jarak mobile station dengan *obstacle*. (m)
- h_o = tinggi *obstacle*, diukur dari permukaan tanah. (m)
- h_b = tinggi antena *base station*, diukur dari permukaan tanah. (m)

- r = jarak *mobile station* ke *base station*. (m)
- $R = r \times 10^{-3}$. (km)
- f = frekuensi *carrier*. (Hz)
- $f_c = f \times 10^{-6}$. (MHz)
- λ = panjang gelombang *free space*. (m)

Okumura mengambil area urban sebagai referensi dan mengaplikasikan ke faktor koreksi sebagai berikut :

$$L_{uu} = 46.3 + 33.9 \log_{10} f_c - 13.82 \log_{10} h_b - h_m C + (44.9 - ((6.55 * \log_{10} h_b)) \log_{10} R) + 3 \quad (1)$$

$$L_{su} = L_{uu} - 2 \log_{10}^2 (f_c / 28) - 5.4 \quad (2)$$

$$L_{ru} = L_{uu} - 4.78 \log_{10}^2 f_c + 36.66 \log_{10} f_c - 40.9 \quad (3)$$

Di mana: R = jarak T_x dan R_x (km)

f_c = frekuensi kerja (MHz)

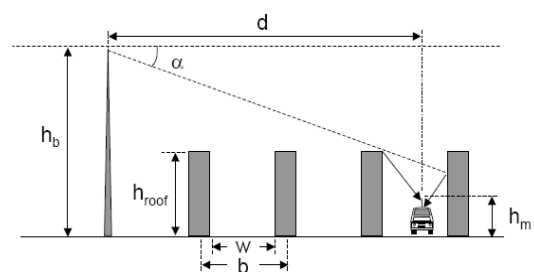
h_b = tinggi T_x (m)

h_m = tinggi R_x (m)

2.3.2 Model Walfish – Ikegami

Model ini digunakan untuk menyempurnakan perhitungan *pathloss* dengan mempertimbangkan lebih banyak data yang menggambarkan karakter daerah urban, diantaranya :

- Ketinggian gedung (penghalang), h_r
- Lebar jalan, w
- Jarak antar gedung, b



Gambar 4. Parameter model Ikegami

Model ini dibedakan antara situasi *Line of Sight* (LOS) dan *Non-Line of Sight* (Non-LOS). Pada situasi LOS, bisa di-aplikasikan formula propagasi sederhana, dimana *pathloss* dapat dicari dengan persamaan :

$$L = 42,6 + 26 \log d \text{ (km)} + 20 \log f \text{ (MHz)} ; \quad d \geq 20 \text{ km} \quad (4)$$

Untuk situasi Non-LOS, total rugi-rugi transmisinya merupakan penjumlahan dari *free space loss* (L_{FS}), *rooftop to street diffraction and scatter loss* (L_{rts}), dan *multiscreen loss* (L_{msd}), seperti ditunjukkan pada persamaan berikut ini :

$$L = L_{FS} + L_{rts} + L_{msd} ; \text{ untuk } L_{rts} + L_{msd} > 0 \quad (5)$$

Dengan,

L_{FS} merupakan *Free Space Loss*

L_{rts} merupakan *rooftop to street diffraction loss*

L_{msd} merupakan *multiscreen loss*

Nilai L_{FS} dapat diperoleh dari persamaan :

$$L_{FS} = 32,4 + 20 \log d \text{ (km)} + 20 \log f \text{ (MHz)} \quad (6)$$

Nilai L_{rts} dapat dicari persamaan :

$$L_{rts} = -16,9 - 10 \log w \text{ (m)} + 10 \log f \text{ (MHz)} + 20 \log \Delta h_{mobile} \text{ (m)} + L_{ori} \quad (7)$$

Tabel 1 Nilai L_{ori}

L_{ori}	Φ
$-10 + 0,354 \Phi$	$0 < \Phi < 35$
$2,5 + 0,075 (\Phi - 35)$	$0 < \Phi < 55$
$4,0 - 0,114 (\Phi - 55)$	$0 < \Phi < 90$

Dengan L_{ori} adalah persamaan koreksi empiris yang diperoleh dengan mem-bandingkan data dari pengukuran.

Φ adalah sudut antara *Base station* dan antena penerima

$$\Delta h_{mobile} = h_{roof} - h_{mobile} \quad (8)$$

$$\Delta h_{base} = h_{base} - h_{roof} \quad (9)$$

Nilai L_{msd} dapat dicari dengan persamaan :

$$L_{msd} = L_{bsh} + K_a + K_d \log d \text{ (km)} + K_f \log f \text{ (MHz)} - 9 \log b \quad (10)$$

Tabel 2 Nilai L_{bsh} , K_a , K_d , dan K_f

$L_{bsh} = -18 \log (1 + h_b - h_r)$	$h_b > h_r$
$L_{bsh} = 0$	$h_b \leq h_r$
$K_a = 54$	$h_b > h_r$
$K_a = 54 - 0,8 (h_b - h_r)$	$d \geq 0,5$ dan $h_b \leq h_r$
$K_a = 54 - 0,8 (h_b - h_r) (d/0,5)$	$d < 0,5$ dan $h_b \leq h_r$
$K_d = 18$	$h_b > h_r$
$K_d = 18 - 15 (h_b - h_r) / h_r$	$h_b \leq h_r$
$K_f = -4 + 0,7 ((f/925) - 1)$	Untuk daerah suburban dan kota sedang
$K_f = -4 + 1,5 ((f/925) - 1)$	Untuk kota besar (metropolitan)

Dengan L_{bsh} merupakan fungsi penguatan pada tinggi *Base Station*

K_a merupakan kenaikan *pathloss* dan *Base Station*

K_d & K_f merupakan ketergantungan *multi-screen diffraction loss* terhadap jarak (d) dan frekuensi (f).

b merupakan jarak rata-rata antar gedung (m)

III. METODE PENGUKURAN DAN PEMBANGUNAN DAN PENGOPERASIAN SIG.

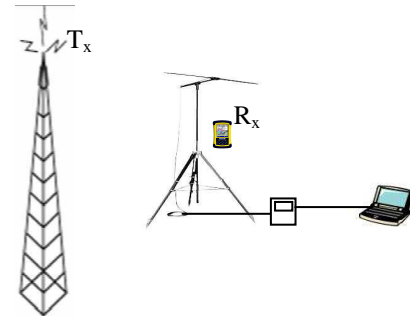
3.1 Lokasi

Pengambilan data diambil di 4 tempat berdasarkan prosedur pengukurannya, yaitu :

- versi Okumura-Hata, tipe rural di sekitar Segoro Tambak (Belakang bandara Juanda)
- versi Okumura-Hata, tipe sub Urban di daerah Made-Ciputra
- versi Okumura-Hata, tipe urban di daerah Darmo Satelit, PTC
- versi Ikegami di sekitar Wonokromo, Jagir, Panjang Jiwo.

3.2 Set up pengukuran

Peralatan dipasang sedemikian seperti Gambar 3. Dan kemudian dicatat posisi pada titik tersebut dengan GPS.:



Gambar 5. Susunan antena T_x (BTS) dan antena R_x (berserta alat pengukuran lainnya)

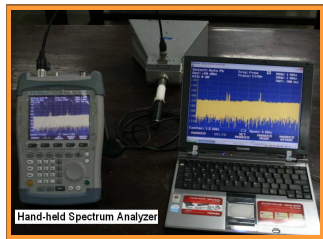
3.3 Langkah pengambilan data

- Pengukuran dilakukan dengan dua macam ketinggian antena mobile station yaitu pada ketinggian 2.5 m & 4.5 m
- Arah antena mobile station diubah-ubah, sehingga ada 3 arah yang datanya terukur, yaitu pada arah 0° , 60° , -60° .
- Dalam satu macam area, akan diambil data dari 5 titik yang berbeda di sekitar area tersebut.
- Polarisasi antena penerima adalah vertikal dan horisontal.

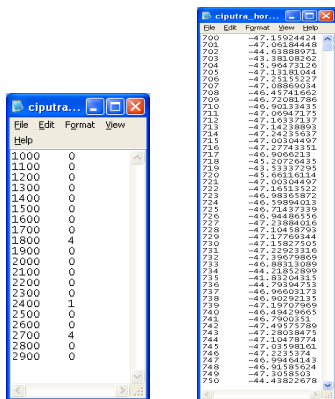
3.4 Data Hasil Pengukuran dan Database

Berdasarkan prosedur sebelumnya maka didapatkan hasil seperti gambar 6. Dari Hasil pengukuran akan dibuat database yang menginformasikan mengenai level daya pada setiap frekuensi yang diukur (gambar 7). Hasil tersebut kemudian dihitung prosentase

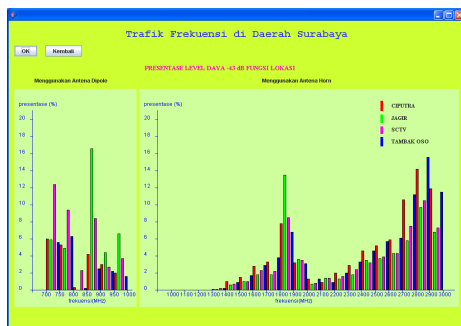
trafiknya berdasarkan level daya sesuai threshold rentang dinamis pengukuran sebesar -43 dB yang teramati didaerah tersebut (gambar 8 dan gambar 9)



Gambar 6. Susunan antenna T_x (BTS) dan antenna R_x



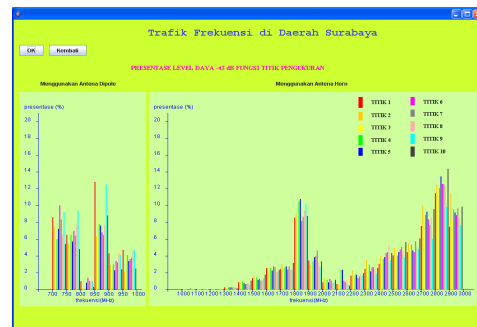
Gambar 7. Data base untuk grafik dan peta



Gambar 8. Trafik frekuensi berdasarkan fungsi lokasi

Frekuensi yang dominan yaitu:

- Ciputra : 2800 MHz – 2900 MHz, 14.2%
- Jagir : 850 MHz – 900 MHz, 16.6%
- SCTV : 700 MHz – 750 MHz, 12.4%
- Tambak Oso : 2800 MHz – 2900 MHz, 15.6%



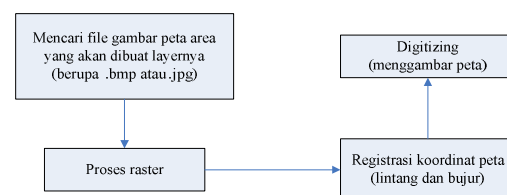
Gambar 9. Trafik frekuensi berdasarkan fungsi titik pengukuran

Frekuensi dominan:

- Titik 1: 850 MHz – 900 MHz, 12.8%.
- Titik 2: 2800 MHz – 2900 MHz, 12.4%
- Titik 3: 2800 MHz – 2900 MHz, 12.1%.
- Titik 4: 2800 MHz – 2900 MHz, 12.0%
- Titik 5: 2800 MHz – 2900 MHz, 13.4%
- Titik 6: 2800 MHz – 2900 MHz, 12.5%
- Titik 7: 2800 MHz – 2900 MHz, 12.5%
- Titik 8: 2800 MHz – 2900 MHz, 12.3%
- Titik 9: 850 MHz – 900 MHz, 12.5%
- Titik 10: 2800 MHz – 2900 MHz, 14.3%

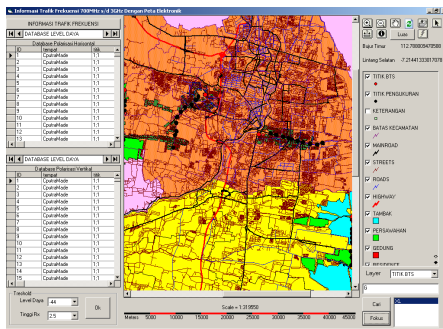
3.5 Pembangunan Sistem Informasi Geografis

Dalam pembangunan SIG terdapat beberapa tahapan, yaitu membangun layer, termasuk mendigitasi peta, kemudian menentukan posisi titik-titik yang nantinya akan didapatkan informasi. Gambar 4 berikut mnunjukkan proses pembuatan peta digital.



Gambar 6. Diagram blok tahapan pembuatan layer peta

Kemudian setelah disusun, database dimasukkan ke dalam peta yang telah terbangun layer-layernya sebagai informasi dalam SIG, sekaligus memoles tampilannya dengan menggunakan Microsoft Visual Basic. Hasil tampilannya adalah seperti pada gambar 5 berikut ini :



Gambar 7. Contoh Tampilan SIG yang berisi informasi database Level Daya

3.5 Pengoperasian SIG

Pada perhitungan prediksi pathloss dan daya terima diperlukan masukan parameter tinggi pemancar, tinggi antenna penerima, dan frekuensi kerja. Gambar 6 berikut menunjukkan *form* sebagai prediksi pathloss dan level daya terima.

Gambar 6 Prediksi Pathloss Urban Dengan Metode Okumura-Hatta

IV. ANALISA

4.1 Analisa Database

Berdasarkan hasil perhitungan prosentase kepadatan level daya maka diperoleh Frekuensi yang dominan berdasarkan lokasi pengukuran:

- Ciputra : 2800 MHz – 2900 MHz, 14.2%
- Jagir : 850 MHz – 900 MHz, 16.6%
- SCTV : 700 MHz – 750 MHz, 12.4%
- Tambak Oso : 2800 MHz – 2900 MHz, 15.6%

Frekuensi yang dominan berdasarkan titik (jarak) pengukuran:

- Titik 1: 850 MHz – 900 MHz, 12.8%.
- Titik 2: 2800 MHz – 2900 MHz, 12.4%
- Titik 3: 2800 MHz – 2900 MHz, 12.1%.

- Titik 4: 2800 MHz – 2900 MHz, 12.0%
- Titik 5: 2800 MHz – 2900 MHz, 13.4%
- Titik 6: 2800 MHz – 2900 MHz, 12.5%
- Titik 7: 2800 MHz – 2900 MHz, 12.5%
- Titik 8: 2800 MHz – 2900 MHz, 12.3%
- Titik 9: 850 MHz – 900 MHz, 12.5%
- Titik 10: 2800 MHz – 2900 MHz, 14.3%

4.2 Akurasi Peta

Untuk menguji keakurasian peta yang dibuat ini, maka diukur jarak antar BTS pada Google Earth.

Tabel 3 Jarak Antar BTS Pengukuran

Dari	Ke	Peta Proyek Akhir (km)	Google Earth (km)	Error Corection (%)
1	4	21.703	21.702	0.004
1	3	11.810	11.814	0.03
3	4	10.440	10.440	0
2	4	16.005	16.023	0.1
Rata-Rata error correction				0.035

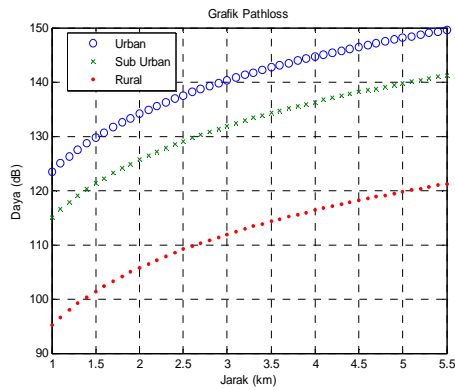
Keterangan Tabel 3:

- 1 merupakan BTS Ciputra
- 2 merupakan BTS D.Satelit
- 3 merupakan BTS Jagir
- 4 merupakan BTS Tambak Oso

Berdasarkan Tabel 3 diperoleh tingkat *error correction* peta proyek akhir terhadap google eart mencapai 0.035 %. Dengan demikain tingkat keakurasian mencapai 99.96%. Hal ini bisa terjadi dikarenakan master peta sebagai sumber digitasi memiliki keakuratan yang tinggi dan proses rastering yang tepat. Apabila jarak pada peta proyek akhir 4 km dengan correction error 0.035%, maka error jarak kurang lebih 1.4 meter.

4.3 Akurasi Perhitungan Pathloss

Hasil perhitungan pathloss secara manual pada Frekuensi 870 MHz dengan menggunakan Matlab terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Grafik Pathloss

Sedangkan perhitungan pathloss dengan menggunakan SIG dengan $R=4\text{km}$ dan $f=870\text{MHz}$, hasilnya seperti pada Tabel 4.

Tabel 4 Perhitungan Pathloss SIG

Perhitungan	Pathloss		
	Urban (dB)	Sub Urban (dB)	Rural (dB)
Manual	144.68	136.29	116.32
SIG	144.67	133.30	116.29

Dari perbandingan Tabel 4 dan Gambar 7 pada jarak 4 km besarnya pathloss antara hasil grafik dan SIG dan perhitungan manual hampir sama.

4.3 Perbandingan Daya Terima

Tabel 5 berikut ini merupakan perbandingan level daya terima daerah urban pada frekuensi 878 MHz.

Tabel 5 Perbandingan Daya Terima Daerah Urban

Titik Pengukuran	Daya Terima [dBm]	
	SIG	Database Frekuensi
1	-32.54	-28.73
2	-39.49	-36.63
3	-45.95	-39.25
4	-49.7	-38.60
5	-51.99	-44.04
6	-54.58	-41.07
7	-57	-42.68
8	-59.8	-43.39
9	-62.38	-39.24
10	-63.79	-36.55

Berdasarkan Tabel 5 daya terima dari perhitungan SIG semakin jauh titik pengukuran diperoleh level daya terima yang semakin menurun. Dari database level daya pengukuran seharusnya semakin jauh titik penerima dari BTS acuan daya terima semakin kecil. Tetapi pada titik ke-6 yang berjarak

kurang lebih 3.28 km terjadi kenaikan level daya terima. Hal ini bisa disebabkan karena daya pengukuran pada titik 6 berasal bukan dari BTS acuan. Perlu diingat bahwa sistem komunikasi selular memanfaatkan frekuensi reuse sebagai *clustering coverage area*. Tabel 6 berikut ini menunjukkan perbandingan level daya terima daerah rural pada frekuensi 889 MHz.

Tabel 6 Perbandingan Daya Terima daerah Rural

Titik Pengukuran	Daya Terima [dBm]	
	SIG	Database Frekuensi
1	-33.33	-38.35
2	-38.59	-39.39
3	-43.66	-43.55
4	-46.66	-43.32
5	-52.2	-46.11
6	-55.22	-45.39
7	-58.02	-46.02
8	-61.52	-46.42
9	-61.42	-46.81
10	-61.94	-46.19

Berdasarkan pengamatan pada Tabel 6 semakin jauh titik pengukuran terlihat level daya terima semakin menurun baik pada perhitungan SIG maupun pada database frekuensi pengukuran. Hal ini telah sesuai dengan teori friss. Tetapi dari Tabel 6 ada perbedaan level daya penerimaan antara perhitungan SIG dengan database frekuensi pengukuran. Perbedaan ini karena tidak adanya data valid tentang spesifikasi BTS acuan yang berada di daerah rural

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembuatan sistem informasi geografis, diperoleh kesimpulan :

1. Dari hasil pengukuran level daya di beberapa lokasi di Surabaya, tampak bahwa sinyal yang terpantau paling banyak sampai 11% adalah sinyal dari provider CDMA pada frekuensi 861 – 880 MHz.
2. Trafik pada frekuensi BWA masih cukup rendah sehingga dapat dikembangkan lebih lanjut
3. Perbandingan perhitungan pathloss secara manual dan SIG memperlihatkan hasil yang hampir sama karena tingkat keakuratan peta mencapai 99,96%

VI. DAFTAR PUSTAKA

1. Okkie P, Nuradi S, Rini S, "Investigasi Penggunaan Spektrum Frekuensi pada band 700MHz - 1GHz di daerah Surabaya untuk pembuatan database Manajemen Spektrum Frekuensi", SNATI, Yogyakarta 20 Juni 2009.
2. Parsons, J. David, *The Mobile Radio Propagation Channel*, Halsted Press, New York, Toronto, 1992
3. H. H. Xia, H. L. Bertoni, L. R. Maciel, "Radio Propagation Characteristics for Line-of-Sight Microcellular and Personal Communications", IEEE Transactions on Antennas and Propagation Magazine, vol. 41, no. 10, October 1993
4. V. Erceg, L. J. Greenstein, S. Y. Tjandra, S. R. Parkoff, , A. Gupta, B. Kulic, A. A. Julius, R. Bianchi, "An Empirically Based Path Loss Model for Wireless Channels in Suburban Environments", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 17, no. 7, July 1999
5. COST 231 Walfisch- Ikegami Model, www.ee.bilkent.edu.tr/~microwave/programs/wireless/prop/costWI.htm
6. Nur Adi S, Gamantyo H. "Analisa Propagasi Kanal Radio Dalam Gedung Pada Frekuensi 1,7 Ghz".SEE 2003, UAD Yogyakarta, Oktober 2003
7. Tapan K. Sarkar, et al., *A Survey of Various Propagation Models for Mobile Communication*, IEEE Antennas and Propagation Magazine, Vol. 45, No. 3, June 2003